

ALAT UKUR KESETIMBANGAN UNTUK RANCANG BANGUN KERANGKA *QUADROTOR*

Buyung Christophorus

Teknik Elektro Universitas Surabaya
Magnum_circle@gmail.com

Hendi Wicaksono, S.T., M.T.

Teknik Elektro Universitas Surabaya
hendi@ubaya.ac.id

Abstrak - Penambahan komponen pada *quadrotor* dalam pengaplikasian tertentu, seperti kamera tidak menjadi perhatian dari pengguna terutama dalam memperhatikan titik kesetimbangan dari *quadrotor*. Kemudian muncul ide untuk dapat melihat titik kesetimbangan melalui titik berat yang terdapat dalam *quadrotor* atau yang dikenal sebagai COG (*Center of Gravity*). Perubahan titik COG tersebut diamati apakah dapat mempengaruhi respon dari sistem kontrol *quadrotor*. Selain itu, juga diamati apakah penggunaan material *quadrotor* juga mempengaruhi dari sistem kontrol. Dan terakhir apakah COG benar-benar berpengaruh terhadap efisiensi suplai daya. Sehingga hasil pengamatan tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam peletakkan *quadrotor* bagi pengguna *quadrotor* untuk menempatkan COG di tengah sedini mungkin. Dari hasil pengujian dapat dipastikan pergeseran COG dimulai dari $\frac{1}{2}$ lengan untuk dapat mempengaruhi sistem kontrol [1], baik untuk material kayu balsa, aluminium dan *acrylic*. Dari ketiga material tersebut, bahan yang tidak direkomendasikan sebagai kerangka *quadrotor* adalah *acrylic*. Dan dengan COG yang tidak tepat ditengah maka akan dihasilkan kecepatan rotor yang tinggi dan memerlukan arus tegangan yang tinggi dari baterai Li-Po, yang dapat mengakibatkan baterai Li-Po cepat habis dan durasi terbang lebih singkat/ efisiensi suplai memburuk.

Kata kunci : titik kesetimbangan, titik berat, COG (*Center Of Gravity*), sistem kontrol *quadrotor* [1], material kerangka *quadrotor*.

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya peminatan dalam penggunaan *quadrotor*, *quadrotor* digunakan pengaplikasian lainnya, contohnya dalam peliputan gambar melalui udara. Dalam pengaplikasian tersebut, *quadrotor* dilengkapi kamera dan *stabilizer*. Penambahan kamera tersebut pada umumnya tidak disertai dengan perubahan tata letak komponen lainnya sehingga titik berat *quadrotor* pastinya berubah dan perubahan titik keseimbangan tersebut memungkinkan untuk menimbulkan efek samping pada respon sistem kontrol dari *quadrotor*.

Lalu muncul ide untuk dapat melihat besar pergeseran titik berat atau COG (*Center Of Gravity*) dari *quadrotor*. Jika terjadi pergeseran titik berat, apakah dapat mempengaruhi kestabilan dan respon sistem kontrol. Dengan melihat juga model dan material dari *quadrotor* yang ada di pasaran, apakah selain pergeseran titik berat, material *quadrotor* juga dapat mempengaruhi kestabilan dan respon sistem kontrol *quadrotor*. Apakah pergeseran COG juga dapat mempengaruhi efisiensi *quadrotor* dalam penggunaan listrik dari baterai Li-Po. Hasil pengamatan pada pengaruh pergeseran titik berat dan pengaruh penggunaan material *quadrotor*, memungkinkan untuk memberitahu pengguna *quadrotor* faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam peletakkan komponen pada kerangka *quadrotor* terutama untuk memperoleh COG di tengah sedini mungkin.

METODE PENELITIAN

COG merupakan lokasi rata-rata dari distribusi total resultan massa/beban penyusun suatu obyek [1]. COG ideal *quadrotor* berada tepat di tengah kerangka, dikarenakan gaya angkat dari tiap rotor *quadrotor* dapat bekerja secara optimal dengan kecepatan putar rotor yang efisien dan sama. Pengukuran COG pada realitanya diaplikasikan menjadi suatu alat ukur, salah satu metode yang digunakan alat ukur COG adalah *multiple weighting method* atau *reaction method* [2]. Dalam metode tersebut, struktur alat ukur terdiri atas dua atau lebih *sensor* berat yang terpasang pada *weighting pan / test platform* dan pengukuran COG didapatkan dari perbedaan pembacaan dari tiap *sensor* berat. perumusan COG yang digunakan dalam alat ukur.

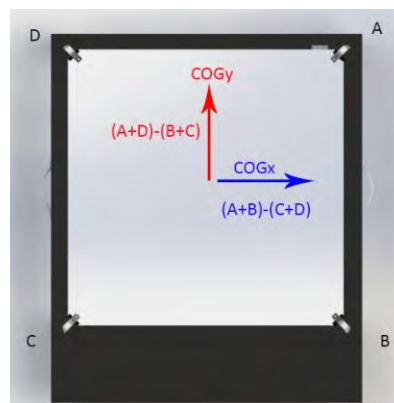
$$COG = \frac{\text{berat komponen} \times \text{jarak ke datum}}{\text{berat komponen}} \quad (3.6)$$

Titik datum merupakan titik acuan untuk menentukan keberadaan titik COG. Titik datum dalam Tugas Akhir ini tidak lain ini adalah titik tengah dari pan yang terletak pada jarak 30 cm x 30 cm dari ujung pan yang berdimensi 60 cm x 60 cm. Pembacaan keempat buah *sensor* tersebut sebagai referensi persebaran distribusi beban penyusun *quadrotor*, maka dapat dirumuskan rumusan COG

yang digunakan dalam Tugas Akhir sebagai berikut, dengan koordinat sesuai dengan Gambar 1.

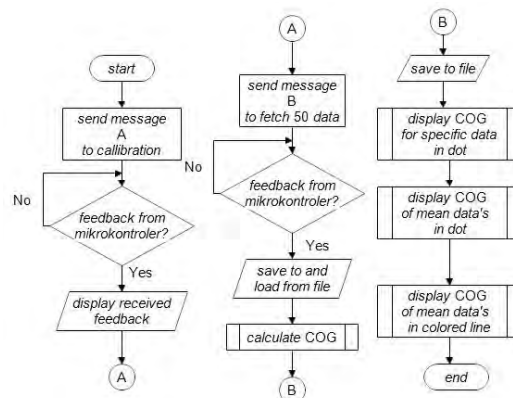
$$COG_x = \frac{Sensor\ A*30 + Sensor\ B*30 - Sensor\ C*30 - Sensor\ D*30}{Sensor\ A + Sensor\ B + Sensor\ C + Sensor\ D} \text{ cm} \quad (3.7)$$

$$COG_y = \frac{Sensor\ A*30 + Sensor\ D*30 - Sensor\ B*30 - Sensor\ C*30}{Sensor\ A + Sensor\ B + Sensor\ C + Sensor\ D} \text{ cm} \quad (3.8)$$



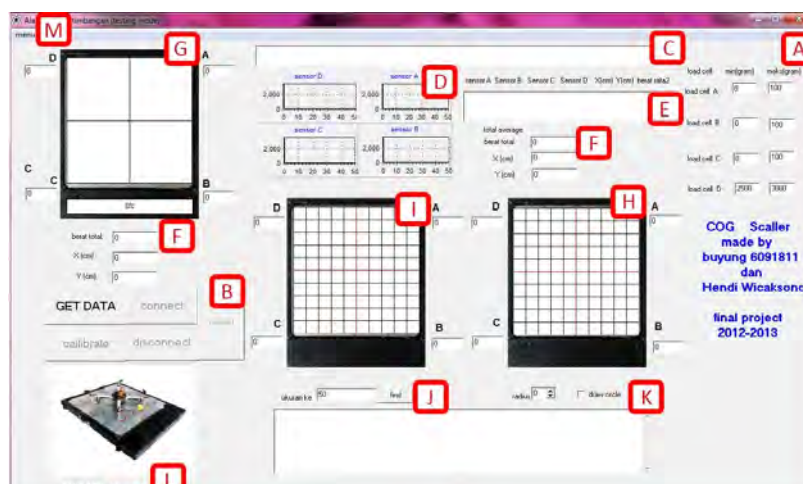
Gambar 1: Koordinat COG X dan COG Y pada Instrumen

Alur kerja utama dari sistem visual yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Alur kerja diawali dengan pemberian perintah *callibration* ke mikrokontroler dengan mengirimkan karakter 'A'. Setelah menunggu dan mendapatkan balasan kalibrasi dari mikrokontroler, maka pengguna dapat mengambil 50 data pembacaan *sensor* dengan memberikan perintah *get data* ke mikrokontroler melalui pengiriman karakter 'B'. Dilanjutkan dengan penyimpanan data yang telah diterima tersebut pada *file* sebagai *back-up* dan *open* sebagai data kalkulasi COG yang ditampilkan secara visual.



Gambar 2: Alur kerja Program Visual

Berdasarkan alir program utama, tampilan visual dengan menggunakan Delphi 7 dapat dibagi menjadi 3 mode tampilan, yaitu (1) *Testing Mode*, (2) *Debug Mode*, dan (3) *Run Mode*. *Testing mode* Merupakan bagian dari GUI yang berfungsi untuk mengecek kesesuaian rumus yang diberikan untuk dapat menghitung COG berdasarkan data berat yang diberikan oleh pengguna. *Debug mode* digunakan untuk menguji kebenaran data yang diterima oleh komputer dari data yang dikirimkan oleh mikrokontroler. *Run mode* digunakan sebagai penggunaan sehari-hari tidak memerlukan data yang lengkap. Dasar tampilan dari ketiga buah tampilan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Dasar Tampilan untuk Pengguna

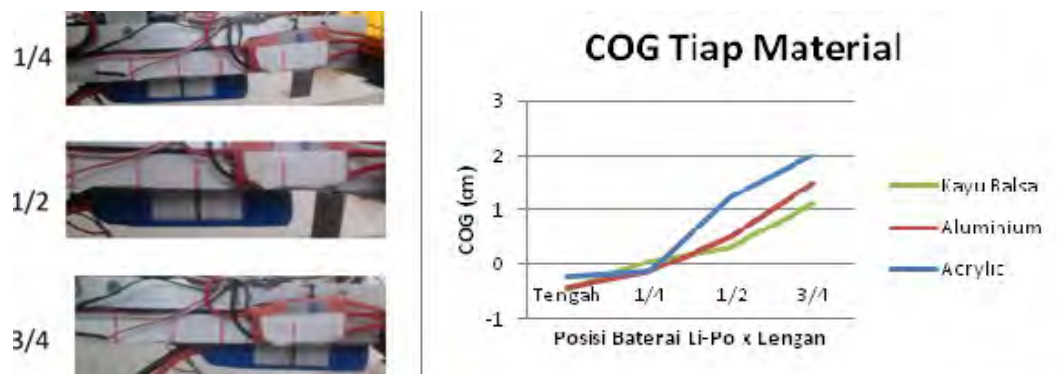
Quadrotor dirancang sebagai validasi dan media pengujian pengaruh titik COG dalam *quadrotor* terhadap sistem kontrol yang terdapat dalam *quadrotor* dengan menggunakan format kerangka *H-copter*. Dimensi *quadrotor* sebesar 36.5 cm x 32 cm Kerangka *quadrotor* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Kerangka *Quadrotor* Bermaterialkan Kayu Balsa, Aluminium, *Acrylic*

HASIL DAN PEMBAHASAN

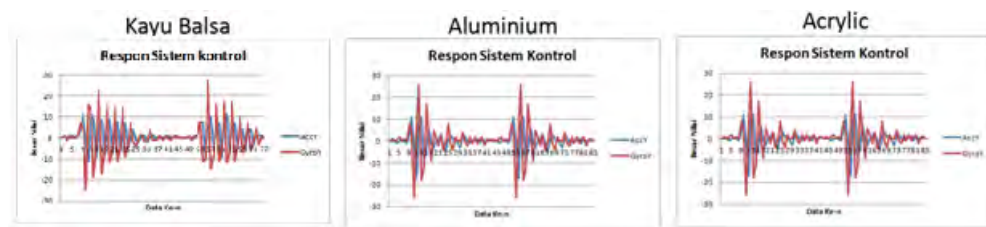
Pertama meneliti pengaruh peletakkan komponen pada *quadrotor* terhadap titik COG yang dihasilkan pada tiap material. Komponen yang digeser untuk mengubah COG adalah baterai Li-Po. Pergeseran terjadi di antara titik tengah hingga ujung lengan *quadrotor* dengan tiap data didapatkan dari $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ dan data ringkas dari hasil pergeseran ditampilkan melalui tampilan visual dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Pergeseran COG pada Tiap Material *Quadrotor*

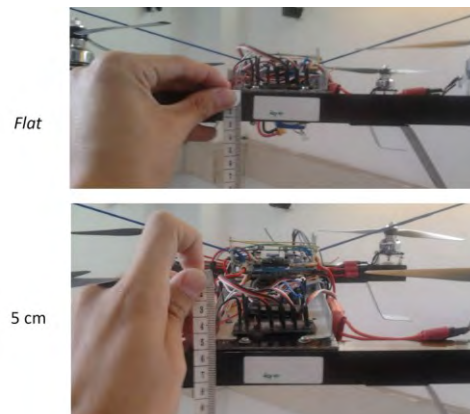
Sistem kontrol pada *quadrotor* [1] memerlukan kalibrasi/pengaturan ulang pada nilai kecepatan putar rotor maksimum harus dapat mengangkat *quadrotor* kembali posisi *flat*. Dengan mengetahui bahwa nilai COG terbesar terjadi pada

baterai Li-Po yang diletakkan $\frac{3}{4}$ lengan *quadrotor*. Maka, pengaturan nilai putaran maksimum dilakukan pada saat baterai Li-Po diletakkan pada posisi tersebut. Pemilihan nilai putar maksimum didapatkan melalui *trial and error*. Dengan mengubah nilai maksimum menjadi 80 dimulai dari *acrylic*, rotor dari *quadrotor* memiliki kecepatan putaran yang mampu untuk dapat mengembalikan *accelerometer* dan *gyroscope* ke posisi 0 untuk material aluminium dan *acrylic*. Sedangkan pada kayu balsa terjadi osilasi secara terus-menerus, dicoba menggunakan nilai maksimum 75 untuk kayu balsa dan dapat mengembalikan nilai *accelerometer* dan *gyroscope* pada kayu balsa ke posisi 0. Gambar respon sistem kontrol hasil pengaturan dapat dilihat pada Gambar 6.



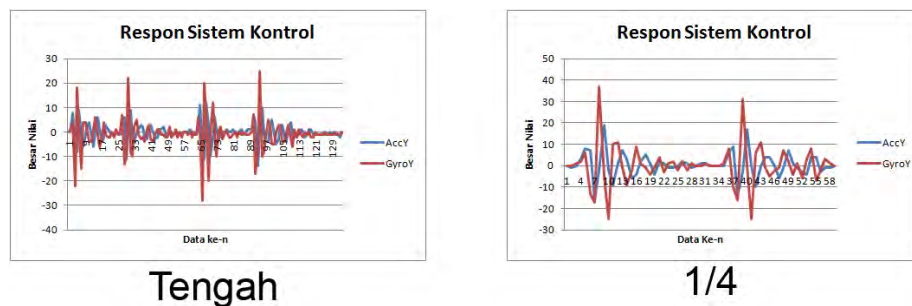
Gambar 6: Respon Sistem Kontrol dari pengaturan PWM maksimum tiap material

Pengujian terakhir meneliti respon yang dihasilkan berdasarkan material dan titik COG dengan memberikan *disturbance* berupa penyimpangan 5 cm pada bagian ujung depan kerangka *quadrotor* sesuai pada Gambar 7. Kinerja respon sistem kontrol diteliti melalui banyaknya osilasi yang dihasilkan dari penyimpangan sebesar 5 cm hingga kembali posisi 0. Semakin lebar osilasi mulai dari awal osilasi hingga kembali ke posisi 0, maka semakin besar COG mempengaruhi sistem kontrol [3].

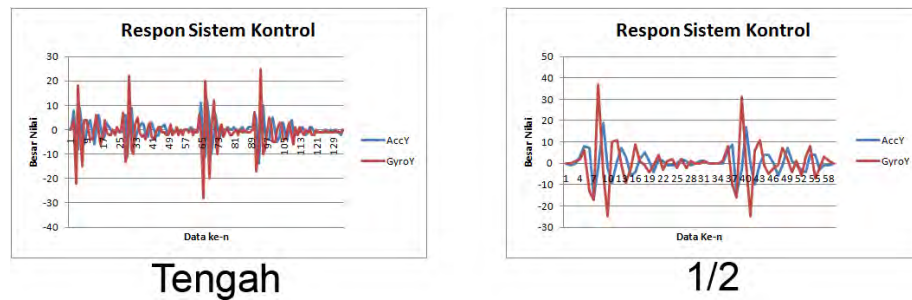


Gambar 7: Ilustrasi Pemberian *Disturbance* 5 cm

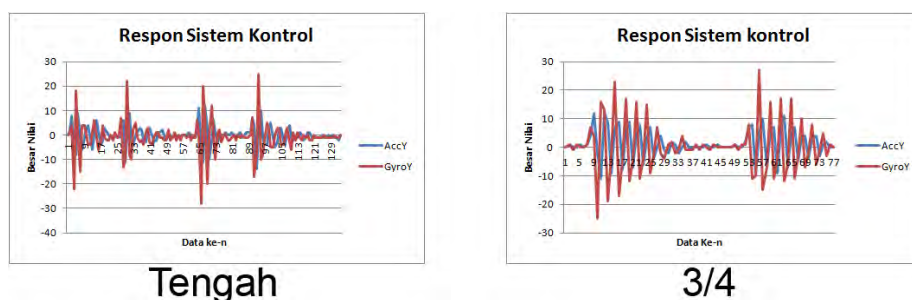
Respon pada saat baterai Li-Po diletakkan di tengah poros putar dengan $\frac{1}{4}$ yang dapat dilihat pada Gambar 8. didapatkan bentuk osilasi yang hampir sama dengan jumlah osilasi dari respon sistem kontrol kurang lebih sebanyak 3 hingga 4 gelombang. Sedangkan perbandingan pada jarak $\frac{1}{2}$ lengan yang dapat dilihat pada Gambar 9, didapatkan osilasi yang lebih banyak dengan jumlah osilasi sebanyak 5 hingga 6 gelombang. Yang terakhir pada perbandingan posisi baterai Li-Po di tengah dan posisi $\frac{3}{4}$ lengan yang dapat dilihat pada Gambar 10 didapatkan, pada posisi $\frac{3}{4}$ menghasilkan osilasi terbesar sebanyak 7 hingga 8 gelombang.



Gambar 8: Respon Sistem Kontrol pada Kayu Balsa Tengah vs 1/4 Lengan

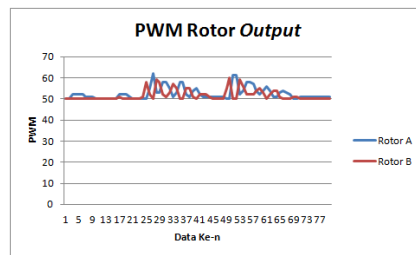


Gambar 9: Respon Sistem Kontrol pada Kayu Balsa Tengah vs 1/2 Lengan

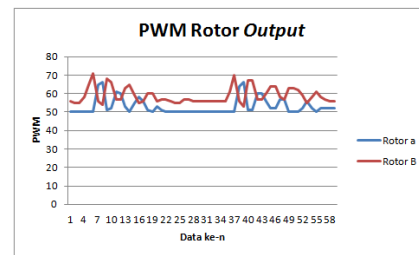


Gambar 10: Respon Sistem Kontrol pada Kayu Balsa Tengah vs 3/4 Lengan

Sedangkan kecepatan yang dihasilkan dalam tiap pergeseran COG pada kayu balsa antara lain sebagai berikut. Pada saat diletakkan di tengah kerangka *quadrotor* didapatkan kecepatan kerangka *quadrotor* berupa kecepatan *hover* dengan selisih kecepatan yang tidak jauh berbeda antara rotor 1 dan rotor 2 dengan kecepatan rotor *output* rata-rata sebesar 50. Pada saat baterai Li-Po diletakkan di $\frac{1}{4}$ lengan, didapatkan kecepatan rotor B meningkat dengan kecepatan rotor rata-rata sebesar 55 yang dapat dilihat pada Gambar 11. Sedangkan pada saat $\frac{1}{2}$ lengan didapatkan kecepatan rotor rata-rata yang lebih besar daripada pada saat di tengah, dengan kecepatan rotor rata-rata sebesar 63 sesuai dengan Gambar 12. Yang terakhir pada pergeseran COG terbesar didapatkan kecepatan rata-rata terbesar sebesar 70 dengan hasil dapat dilihat pada Gambar 13.

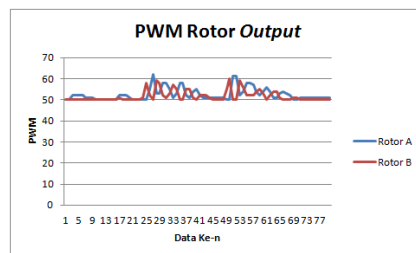


Tengah

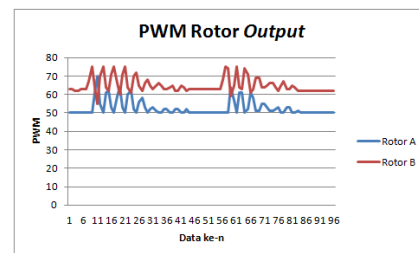


1/4

Gambar 11: PWM Rotor pada Kayu Balsa Tengah vs ¼ Lengan

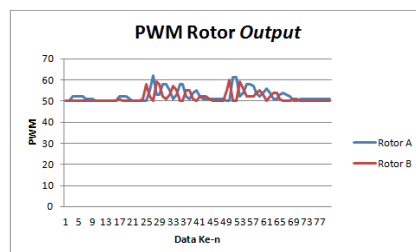


Tengah

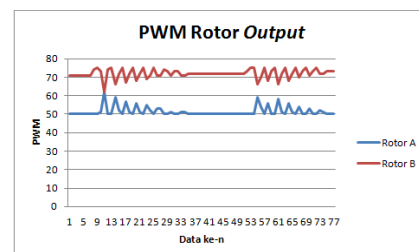


1/2

Gambar 12: PWM Rotor pada Kayu Balsa Tengah vs ½ Lengan



Tengah



3/4

Gambar 13: PWM Rotor pada Kayu Balsa Tengah vs ¾ Lengan

SIMPULAN DAN SARAN

Dari pengerjaan Tugas Akhir yang telah dikerjakan didapatkan beberapa simpulan dan saran. Simpulan yang didapatkan dari pengerjaan dan pengujian alat ukur COG pada kerangka *quadrotor* antara lain sebagai berikut.

1. Perbedaan material yang digunakan dalam kerangka *quadrotor* dapat menghasilkan pola dan nilai COG yang berbeda dalam penyebaran komponen yang sama.
2. Sistem kontrol memerlukan pengaturan nilai keluaran berdasarkan material yang digunakan terutama untuk merespon posisi COG di ujung lengan. Untuk sistem kontrol [3], pada material kayu balsa nilai keluaran sebesar 75, aluminium dan *acrylic* nilai keluaran sebesar 80.
3. Respon sistem kontrol [3] terpengaruh oleh pergeseran COG, baik material kayu balsa, aluminium, *acrylic* mulai pada pergeseran $\frac{1}{2}$ lengan.
4. COG ditengah menghasilkan PWM pada tiap rotor yang sama dengan PWM rotor rata-rata 50 untuk semua material. PWM rotor B (2 rotor pada posisi ujung lengan) akan meningkat seiring dengan besarnya pergeseran COG. PWM maksimum terjadi pada $\frac{3}{4}$ lengan untuk tiap material dengan PWM rotor dari tiap material kerangka berkisar pada 70 hingga 80.
5. Dengan pergeseran COG semakin besar maka kecepatan rotor yang dibutuhkan semakin besar sehingga baterai Li-Po cepat habis yang mengakibatkan efisiensi penggunaan *quadrotor* rendah. Oleh karenanya, untuk mendapatkan efisiensi *quadrotor* yang optimal, sedini mungkin COG *quadrotor* diletakkan di tengah-tengah kerangka *quadrotor* sebelum penerbangan.

Saat ini pan bertumpu pada *sensor* mengakibatkan masih perlunya penambahan pegas dan *sensor* mudah rusak. Oleh karena itu saran dari Tugas Akhir ini adalah pan lebih baik bertumpu pada pegas, sehingga kontribusi berat dari pan dan beban sebagian besar disalurkan ke pegas bukan pada *sensor*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Glen Research Center, “*Center of Gravity-CG*” [Online], <http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/cg.html> diakses pada 16 Juni 2013
- [2] B.Richard. “*Measuring Weight and All Three Axes of the Center of Gravity of a Rocket Motor Without Having to Re-Position the Motor*”. 61st Annual Conference of the Society of Allied Weight Engineers, Virginia Beach, Virginia, May 20-22, 2002.
- [3] Wicaksono, Hendi (2013). “*Self Stabilizing 1 Axis QuadCopter Using T2-Fuzzy Controller*”. In: SRITI 2013 STMIK AKAKOM Yogyakarta, 31 Agustus 2013, Yogyakarta.